

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Jun FUJIKAMI
Title: SUPERCONDUCTING CABLE AND SUPERCONDUCTING
CABLE LINE USING THE SAME
Appl. No.: Unassigned
Filing Date: February 20, 2004
Examiner: Unassigned
Art Unit: Unassigned

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith are certified copies of said original foreign applications:

Japanese Patent Applications
No. 174657/2003 filed 06/19/2003.
No. 428296/2003 filed 12/24/2003.


Respectfully submitted,

Date: February 20, 2004

FOLEY & LARDNER
Customer Number: 22428
Telephone: (202) 672-5407
Facsimile: (202) 672-5399

By

 *AP 38072*

 David A. Blumenthal
Attorney for Applicant
Registration No. 26,257

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

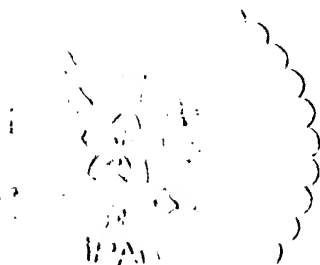
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年12月24日
Date of Application:

出願番号 特願2003-428296
Application Number:

[ST. 10/C]: [JP 2003-428296]

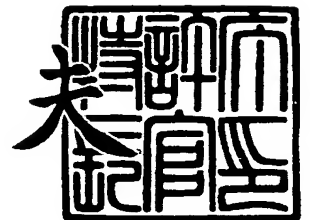
出願人 住友電気工業株式会社
Applicant(s):



2004年 1月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2004-3001815

【書類名】 特許願
【整理番号】 103H0961
【提出日】 平成15年12月24日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01B 12/00
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
 【氏名】 藤上 純
【特許出願人】
 【識別番号】 000002130
 【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100100147
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 山野 宏
【選任した代理人】
 【識別番号】 100070851
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 青木 秀實
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-174657
 【出願日】 平成15年 6月19日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 056188
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9715686

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

超電導層を具える超電導ケーブルであって、
前記超電導層に臨界電流値が異なる部分を有することを特徴とする超電導ケーブル。

【請求項 2】

超電導層に臨界電流値が他の全ての部分よりも小さい限流部を有することを特徴とする
請求項1に記載の超電導ケーブル。

【請求項 3】

超電導層は、超電導導体層及び超電導導体層の外周に具えるシールド層の少なくとも一方であることを特徴とする請求項1又は2に記載の超電導ケーブル。

【請求項 4】

超電導層を有する複数のケーブルコアから構成される超電導ケーブルを具える超電導ケーブル線路であって、
前記複数のケーブルコアが集合された集合部から各ケーブルコア間を広げた状態で各コアを収納する分岐箱と、
請求項1～3のいずれかに記載の超電導ケーブルとを具え、
前記分岐箱には、臨界電流値が異なる部分が収納されることを特徴とする超電導ケーブル線路。

【請求項 5】

分岐箱には、超電導ケーブルを冷却する冷媒が満たされ、冷媒が気化した際の圧力を調整する調整弁を具えることを特徴とする請求項4に記載の超電導ケーブル線路。

【請求項 6】

超電導層には、臨界電流値が大きい部分と、臨界電流値が小さい部分とを有し、
前記臨界電流値が小さい部分は、
分岐箱内に配置される各ケーブルコアの集合部側から離れた位置に配置され、分岐箱が終端接続箱のとき分岐端側、又は分岐箱が中間接続箱のとき中央部に配置されることを特徴とする請求項4又は5に記載の超電導ケーブル線路。

【請求項 7】

分岐箱内において各ケーブルコアは、保持具にて保持され、
前記保持具は、
各コア間を広げた状態に保持し、ケーブルコアの伸縮に伴って分岐箱内を移動可能な構成を具えることを特徴とする請求項4～6のいずれかに記載の超電導ケーブル線路。

【書類名】明細書

【発明の名称】超電導ケーブル及びこの超電導ケーブルを用いた超電導ケーブル線路

【技術分野】

【0001】

本発明は、超電導ケーブル、及び超電導ケーブルを具えるケーブル線路に関するものである。特に、短絡事故などの事故の際、損傷を低減することができる超電導ケーブル、及びこの超電導ケーブルを用いた超電導ケーブル線路に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、Bi系高温超電導テープ線などからなる超電導線材を用いた超電導ケーブルが知られている(例えば、特許文献1参照)。図3は、複数のケーブルコアを一括にした三心一括型の三相超電導ケーブルの断面図である。この超電導ケーブル100は、断熱管101内に3本のケーブルコア102を捩り合わせて収納させた構成である。

【0003】

断熱管101は、外管101aと内管101bとからなる二重管の間に断熱材(図示せず)が配置され、かつ二重管内が真空引きされた構成である。各ケーブルコア102は、中心から順にフォーマ200、超電導導体層201、電気絶縁層202、シールド層203、保護層204を具えている。超電導導体層201及びシールド層203は、それぞれフォーマ200上、電気絶縁層202上に超電導線材を多層に螺旋状に巻回して構成される超電導層である。内管101bと各ケーブルコア102とで囲まれる空間103が通常冷媒の流路となる。また、断熱管101の外周には、ポリ塩化ビニルからなる防食層104が設けられている。

【0004】

上記多相超電導ケーブルでは、これらケーブル同士を接続させたり、常電導ケーブルと接続させたり、終端構造を形成するなどの場合、各相に、即ち、ケーブルコア毎に分岐させて行う。各ケーブルコアの分岐は、冷媒により極低温に維持された分岐箱内で行われ、分岐箱内において各コアは、各コア間が広げられた状態で保持される。

【0005】

【特許文献1】特開2001-325836号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

常電導ケーブルにおいて、短絡事故が起こると、導体に大電流が流れる。例えば、66kV級の常電導ケーブルでは、31.5kA程度の短絡電流が導体に流れる。超電導ケーブルにおいても、短絡事故が起こると、常電導ケーブルと同様に超電導導体層に大きな短絡電流が流れる。

【0007】

通常の運転において、超電導ケーブルに流れる電流は、数kA程度であるため、超電導層の直流臨界電流値 I_c は、交流の定格電流 I_o に対して、例えば、 $I_c \geq \sqrt{2} \times I_o$ と設定される。しかし、超電導層を構成する超電導線材は、通常高価であるため、経済性を考慮すると、臨界電流値 I_c のマージンを大きくしにくい。従って、臨界電流値 I_c のマージンが比較的小さい場合、短絡事故が起きて超電導層に短絡電流が流れると、臨界電流値を越えて超電導状態を維持できず常電導に転移する、いわゆるクエンチが生じて超電導層が発熱し、このときの温度上昇により、超電導ケーブルに損傷を与える恐れがある。

【0008】

また、図3に示すような多相超電導ケーブルにおいて分岐箱内に収納されたケーブルコアが発熱して温度が上昇すると、コア周辺の液体窒素などの冷媒が気化して、箱内に過大な圧力の上昇が生じて、ケーブルに損傷を与えることもある。

【0009】

更に、上記損傷は、超電導ケーブルの任意の部分に生じるため、損傷部分を特定することが困難であると共に、損傷部分を特定できても、損傷部分によっては修復しにくいこと

もある。

【0010】

そこで、本発明の主目的は、短絡事故の際に超電導ケーブルが多大に損傷することを防止することができる超電導ケーブルを提供することにある。

【0011】

また、本発明の他の目的は、上記超電導ケーブルを用い、短絡事故の際に損傷個所が特定し易く、復旧作業性に優れる超電導ケーブル線路を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、超電導層の臨界電流値を変化させることで、上記目的を達成する。

即ち、本発明は、超電導層を具える超電導ケーブルであって、前記超電導層に臨界電流値が異なる部分を有することを特徴とする。

【0013】

超電導ケーブルにおいて、直流臨界電流値のマージンを比較的小さくとすると、短絡事故の際、クエンチにより超電導層が発熱して温度が上昇することで、ケーブルに損傷を与えることがある。また、この損傷が超電導ケーブルの任意の部分で生じるため、損傷個所の特定が困難で復旧作業性が悪い。そこで、本発明は、事故により大電流が流れた際、損傷させる部分を意図的に設けて、その部分以外の全ての部分が損傷することを防止して、超電導ケーブル全体に損傷が生じることを低減する。そして、本発明は、超電導層の臨界電流値を異ならせることで、損傷させる部分を設けるものである。以下、本発明をより詳しく説明する。

【0014】

本発明超電導ケーブルは、超電導層、より具体的には、超電導線材から構成される超電導導体層やシールド層を有するケーブルコアを具えるものを対象とする。従って、1本のケーブルコアを具える単相超電導ケーブルでもよいし、複数のケーブルコアを具える多相超電導ケーブルでもよい。後者の場合、例えば、3本のケーブルコアを撚り合わせて断熱管に収納された三心一括型の三相超電導ケーブルが挙げられる。なお、シールド層は、超電導導体層の外周に設けられて、同導体層に流れる電流に誘起された電流が流れ、この誘起された電流により生じる磁場にて、同導体層に生じる磁場を打ち消す機能を有する。

【0015】

そして、本発明では、上記超電導層に臨界電流値が異なる部分を設ける。例えば、臨界電流値が大きい部分と、臨界電流値が小さい部分とを設け、臨界電流値が小さい部分を事故の際に損傷させる部分とし、同大きい部分を保護する部分とするとよい。臨界電流値が小さい部分は、短絡事故の際、大電流が流れると、臨界電流値が大きい部分よりも先に臨界電流値を越え、その後、大きな抵抗を発生して発熱することで損傷する。即ち、臨界電流値が小さい部分を同大きい部分よりも先にクエンチさせることで、同大きい部分に与えられる損傷を小さく、或いは皆無にすることができる。

【0016】

特に、超電導層において他の部分よりも臨界電流値が小さい限流部を設けることが好ましい。即ち、本発明超電導ケーブルは、超電導層において限流部の臨界電流値を I_{ca} 、その他の部分の臨界電流値を I_c とする場合、例えば $I_c > I_{ca} \geq \sqrt{2} \times I_o$ を満たすように限流部を設ける。臨界電流値が小さい部分を多数設けると、事故の際、損傷部分が多数存在して保護部分が少なくなると共に、修復部分の修復作業に手間がかかる。従って、限流部を一つ、或いは少数設ける方が超電導ケーブル全体として損傷が少なく、復旧作業性に優れる。

【0017】

上記臨界電流値が小さい部分や限流部は、超電導導体層及びシールド層の少なくとも一方に設ける。即ち、超電導導体層に設けてもよいし、シールド層に設けてもよく、双方に設けてもよい。

【0018】

超電導層において、臨界電流値を異ならせるには、例えば、超電導層を構成する超電導線材を工夫することが挙げられる。具体的には、例えば、1.超電導線材の使用量を変化させたり、2.超電導線材を構成する超電導体の量を変化させたり、3.超電導線材に用いる超電導体の材質を変化させること、などが挙げられる。

【0019】

上記1.の場合、臨界電流値を大きくする部分よりも、臨界電流値を小さくする部分に用いる超電導線材の使用本数を少なくする構成が挙げられる。即ち、フォーマ上、電気絶縁層上に巻回する超電導線材の本数を少なくする構成である。この構成の場合、臨界電流値を小さくする部分を構成する超電導線材は、臨界電流値を大きくする部分を構成する超電導線材の一部と接続される。このとき、これら超電導線材同士の接合は、接続間抵抗が小さいものが好ましく、例えば、半田による接合が挙げられる。また、銅などの圧縮スリーブを用いて接合してもよい。上記超電導線材には、例えば、Bi2223相などのBi系酸化物超電導体を用いた超電導テープ線などが挙げられる。超電導テープ線は、例えば、パウダーインチューブ法により形成したもの、具体的には、Bi2223相などの超電導相の原料粉末をAgなどの金属パイプに挿入した後、伸線してクラッド線材とし、このクラッド線材を複数本束ねてAgなどの金属パイプに挿入した後、伸線して多心線材とし、この多心線材に圧延加工及び熱処理を施したものが挙げられる。

【0020】

上記2.の場合、例えば、上記1.と同様にパウダーインチューブ法により形成した超電導線材を用いる。このとき、臨界電流値を小さくする部分に用いる超電導線材は、臨界電流値を大きくする部分よりも超電導体の量を少なくし、線材を構成する銀又は銀合金の量を多くする。即ち、この構成は、超電導線材の使用本数が等しく、超電導線材の超電導体の量が少ない部分が存在する構成である。

【0021】

上記3.の場合、例えば、臨界電流値を大きくする部分には、上記パウダーインチューブ法により形成したBi系酸化物超電導体を用い、臨界電流値を小さくする部分には、Agなどの金属マトリクスを具えず超電導相のみからなる超電導体、いわゆるバルク超電導体を用いることが挙げられる。バルク超電導体の具体的な超電導相としては、上記Bi系酸化物超電導相や、組成式 Re-Ba-Cu-O (Re: Y, Sm, Nd, Pr などのランタン系元素を表す)などの希土類酸化物超電導相が挙げられる。希土類酸化物超電導相の具体的な組成としては、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 、 Y_2BaCuO_x 、 $\text{NdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 、 $\text{Nd}_4\text{Ba}_2\text{Cu}_2\text{O}_x$ 、 $\text{SmBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 、 $\text{Sm}_2\text{BaCuO}_x$ 、 $\text{PrBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 、 $\text{Pr}_2\text{BaCuO}_x$ 、 $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ などが挙げられる。このようなバルク超電導体は、Agなどの金属を介在せず、酸化物相のみからなるため、事故時において大抵抗になり易い。これらバルク超電導体は、適当な形状、例えば、テープ状などに形成すると利用し易い。

【0022】

その他、事故の際に高抵抗となる超電導材料として、金属基板上に上記Re系超電導層を成膜した超電導体が挙げられる。金属基板には、ステンレスなどが挙げられる。Re系超電導層の成膜は、公知のCVD法やPVD法を利用するとよい。金属基板とRe系超電導層間にイットリア安定化ジルコニア(YSZ)などの中間層を形成してもよい。この超電導体も、金属基板を適当な形状、例えば、テープ状に形成すると利用し易い。

【0023】

本発明超電導ケーブルは、ケーブル製造時において、超電導層を形成する際、部分的に臨界電流値が小さい部分を設けてもよいし、臨界電流値が小さい超電導層のみを具えるケーブルと臨界電流値が大きい超電導層のみを具えるケーブルとを接続して形成してもよい。即ち、前者の場合、超電導ケーブルのフォーマや電気絶縁層は、切断されず連続して存在する。後者の場合、超電導ケーブルのフォーマや電気絶縁層は、部分的に切断されて接続部を介して存在する。

【0024】

上記構成を具える本発明超電導ケーブルは、ケーブル線路に用いることが好適である。特に、本発明超電導ケーブルが超電導層を有する複数のケーブルコアから構成される多相

超電導ケーブルの場合、以下のケーブル線路を構成することが好適である。即ち、本発明ケーブル線路は、前記複数のケーブルコアが集合された集合部から各ケーブルコア間を広げた状態で各コアを収納する分岐箱と、上記本発明超電導ケーブルとを具え、この分岐箱に臨界電流値が異なる部分を収納することを特徴とする。

【0025】

上記のように従来の超電導ケーブルを用いたケーブル線路では、短絡事故の際、ケーブル線路の任意の個所でケーブルに損傷が生じるため、それら損傷個所を特定することが困難であった。しかし、本発明超電導ケーブルにおいて、意図的に設けた損傷させる部分をケーブル線路の特定の個所、具体的には、分岐箱内に具えておけば、損傷個所を容易に特定することができる。ここで、超電導ケーブルは、地中の管路などに布設される。従って、ケーブル線路の任意の個所に上記本発明超電導ケーブルを配置した場合、損傷させる個所が地中の管路内に位置する可能性がある。管路内は、通常、修復作業が行いにくい、或いはほとんどできない。しかし、分岐箱は、通常、点検や交換などの際に箱内を確認可能であり、種々の作業を行うことができるため、損傷個所の修復作業も容易に行うことができる。

【0026】

上記分岐箱は、多相超電導ケーブルをケーブルコア毎に分岐させた各コアを収納するものであり、ケーブル線路の端部付近に配置される終端接続箱や、ケーブル線路の中間接続部付近に配置されてケーブル同士を接続する中間接続箱などが挙げられる。また、分岐箱には、ケーブルコアが集合された集合部から各コア間を広げた状態のコアを超電導状態に維持するべく冷却するための液体窒素などの冷媒を満たして用いる。従って、分岐箱は、断熱構造であることが望ましい。また、短絡事故の際、分岐箱内のケーブルコアの臨界電流値が小さい部分が発熱することで、発熱した部分の周囲の冷媒が気化されて箱内の圧力が異常に上昇して、コアに損傷を与える恐れがある。そこで、冷媒の気化による圧力の上昇を防止するべく、分岐箱には、調整弁を具えることが好ましい。

【0027】

上記臨界電流値を小さくする部分は、分岐箱内に配置される各ケーブルコアの任意の位置に配置してもよいが、集合部側からより離れた位置、例えば、終端接続箱では分岐端側、中間接続箱では中央部に配置すると、各コア間がより広げられてコア間の距離が大きいので、修復作業性がよく好ましい。

【0028】

分岐箱内において各ケーブルコアの保持は、保持具を用いて行うとよい。保持具は、各ケーブルコアを保持可能であると共に、各コア間を広げた状態に保持できるものが挙げられる。特に、ケーブルコアの伸縮に伴って分岐箱内を移動可能な構成を具える保持具が好ましい。

【発明の効果】

【0029】

以上、説明したように本発明超電導ケーブルによれば、臨界電流値が異なる部分を設けて、短絡事故の際、意図的にその部分を損傷させることで、ケーブル全体に損傷が生じることを抑制することができるという優れた効果を奏し得る。また、短絡事故の際、損傷が生じる個所を予め認識することができるため、損傷個所の特定を容易に行うことができる。

【0030】

また、本発明超電導ケーブルを用いたケーブル線路では、上記臨界電流値が異なる部分を分岐箱に収納させることで、短絡事故の際、損傷個所が簡単に特定できると共に、修復作業を容易に行うことができるため、修復作業性に優れる。更に、上記分岐箱に圧力の調整弁を設けることで、短絡事故による通電に伴う発熱で冷媒が気化して箱内の圧力が上昇することを効果的に防止することができ、圧力の増加に伴うケーブルの損傷を低減、或いはなくすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、本発明の実施の形態を説明する。

【実施例1】

【0032】

図1は、本発明超電導ケーブルを具えるケーブル線路の終端部付近を示すものであり、終端接続箱内に限流部を具える例の概略構成図である。本例及び後述する実施例2では、図1及び図2に示すように3本のケーブルコア10を撚り合わせて具える三心一括型の超電導ケーブルを例にして説明する。

【0033】

本例に示す超電導ケーブル1は、図3に示すものと基本的構成は同様である。即ち、本発明超電導ケーブル1は、中心から順にフォーマ200、超電導導体層20、電気絶縁層202、シールド層21、保護層204を具えるケーブルコア10を3本撚り合わせて断熱管101内に収納された構成のものである。フォーマ200は、絶縁被覆された銅線を複数本撚り合わせたものを用いた。電気絶縁層202は、超電導導体層20の外周に半合成絶縁紙(住友電気工業株式会社製PPLP:登録商標)を巻回して構成した。保護層204は、シールド層21の外周にクラフト紙を巻回して構成した。断熱管101は、SUSコルゲート管を用い、外管101aと内管101b間に断熱材を多層に配置して真空引きした真空多層断熱構造とした。また、断熱管101の外周には、ポリ塩化ビニルからなる防食層104を設けた。

【0034】

そして、本発明の特徴とするところは、本発明超電導ケーブル1を構成する各ケーブルコア10の超電導層に臨界電流値が異なる部分を具える点にある。また、本発明超電導ケーブル1を用いた超電導ケーブル線路において、線路の終端部に設けた終端接続箱2に上記臨界電流値が異なる部分を収納する点にある。以下、これらの点を中心に説明する。

【0035】

本発明において臨界電流値が異なる部分は、超電導導体層20及びシールド層21の双方に設けた。そして、これら超電導層において、臨界電流値が他の全ての部分(以下、基部と呼ぶ)よりも小さい限流部11を設けた。例えば、基部の臨界電流値を I_c とすると、限流部11の臨界電流値が $0.9 \times I_c$ となるように超電導導体層20、シールド層21を形成した。

【0036】

上記超電導層は、パウダーインチューブ法により形成したBi2223系超電導テープ線(Ag-Mnシース線)を多層に螺旋状に巻回して構成した。このとき、限流部11に用いた超電導テープ線は、基部に用いた超電導テープ線よりも、クラッド線材を少なくして製造し、超電導体の量が少ないものを用いた。また、限流部11に用いた超電導テープ線と、基部に用いた超電導テープ線との接合は、半田により行った。

【0037】

上記限流部11を具える本発明超電導ケーブルにおいて、撚り合わされた各ケーブルコア10は、それぞれ別個に取り扱い易くするべく、各コア10間の間隔を広げられ分岐される。終端接続箱2には、これら3本のケーブルコア10間の間隔が徐々に広げられた状態のコア10が収納される。従って、終端接続箱2の一面側(図1では右面側)には、3本のケーブルコア10が撚り合わされて集合された状態にあるケーブルが挿入され、この面と対向する他面側(同左面側)からは、分岐させた各コア10がそれぞれ突出される。また、終端接続箱2内には、液体窒素などの冷媒が満たされ、収納されたケーブルコア10を冷却する。そのため、終端接続箱2は、断熱層2aを具える断熱構造とした。また、本例において終端接続箱2は、円筒状とした。

【0038】

終端接続箱2内に収納されるケーブルコア10は、箱2の一面側(超電導ケーブルの集合部側)から箱2の他面側(コア10の分岐端側)に向かって、各コア10間の間隔が徐々に広げられ、一定の間隔が保持されている。本例においてケーブルコア10の保持は、集合部側を保持する第一保持具50と、中間部を保持する第二保持具51と、第一保持具50と第二保持具51間のコア10を保持する中間保持具52とで行う。

【0039】

第一保持具50は、中心に環状部を具え、この環状部の外周に三つの中間保持具52が固定される。この第一保持具50は、3本のケーブルコア10で囲まれる空間のほぼ中心部に環状部の中心が位置するようにコア10間に配置し、各中間保持具52にそれぞれコア10を配置することで、コア10間の間隔を広げた状態に保持する。

【0040】

第二保持具51の基本的構成は、第一保持具50とほぼ同様の構成であり、環状部の径を第一保持具50よりも大きくしたものである。本例では、ケーブルコア10の伸縮に伴って終端接続箱2内を移動できるように、箱2の内周面にほぼ点接触するような摺動部51aを具える。この摺動部51aは、環状部の外周で中間保持具52を固定していない個所に取り付けている。

【0041】

中間保持具52は、半円弧状の部材、いわゆる樋状の部材を組み合わせて円筒状とする構成である。本例では、一对の樋状の部材によりケーブルコア10の外周を覆い、この樋状の部材の外周をバンド(図示せず)などの締付具によりコア10の外周に固定し、コア10を保持する。また、中間保持具52内のケーブルコア10が冷媒と接触し易いように、保持具52に適宜貫通孔を設けてもよい。

【0042】

そして、本例では、上記限流部11を終端接続箱2の分岐端側(図1において左側)に具えている。

【0043】

なお、本例では、図1に示すように終端接続箱2から引き出された各ケーブルコア10の外周には、断熱管60を配置しており、管60内には、箱2内と同様に冷媒が満たされる。従って、終端接続箱2から突出させた各ケーブルコア10も超電導状態を維持することができる。また、各ケーブルコア10の分岐端には、他のケーブルコアや接続機器などと接続可能な端末部61をそれぞれ設けている。

【0044】

上記構成を具える本発明超電導ケーブルは、短絡事故などが生じて、超電導導体層に過大な電流が流れた場合、限流部の臨界電流値が基部と比較して小さいことで、限流部が先に臨界電流値を越え、その後、大抵抗となって、限流部が主に発熱する。この発熱により限流部は、損傷を生じるが、その他の基部に損傷が生じることを低減、或いはほとんどなくすることができる。このように事後時に損傷させる個所を敢えて設けることで、その他の部分に損傷が生じることを効果的に防止することができる。従って、このような本発明超電導ケーブルを用いた超電導ケーブル線路は、線路全体において損傷を低減することができる。

【0045】

また、本例では、終端接続箱内に限流部を収納していることから、短絡事故などが生じた際、損傷部分を容易に確認することができ、復旧作業性に優れる。かつ、本例では、特に、終端接続箱の分岐端側、即ち、各ケーブルコア間が十分に広げられた状態の個所に限流部が配置されていることから、損傷部分の修復を行い易い。

【実施例2】**【0046】**

図2は、本発明超電導ケーブルを具えるケーブル線路の中間接続部付近を示すものであり、中間接続箱内に限流部を具える例の概略構成図である。本例に用いた超電導ケーブルは、基本的構成は図1に示す実施例1と同様であり、各ケーブルコア10の超電導層に臨界電流値が他の全ての部分(基部)よりも小さい限流部12を具えており、この限流部12の構成を変えた点、及びこの限流部12を中間接続箱3に収納する点が異なる。以下、これら点を中心に説明する。

【0047】

本例では、3本のケーブルコアのうち、2本のコアは、超電導層を構成する超電導線材の

使用量を変化させることで限流部12を構成した。残り1本のケーブルコアは、超電導層を構成する超電導材料を変化させることで限流部12を構成した。

【0048】

本例においてケーブルコア10の超電導層(超電導導体層20、シールド層21)は、パウダーインチューブ法により形成したBi2223系超電導テープ線(Ag-Mnシース線)を多層に螺旋状に巻回して構成した。3本のケーブルコア10のうち、2本のコア10(図2では、上から1番目と、下から1番目に配置されるコア)の限流部12では、超電導導体層20及びシールド層21を構成する超電導テープ線の使用量を基部よりも少なくし、基部の臨界電流値を I_c とすると、臨界電流値が $0.9 \times I_c$ となるようにした。そして、限流部12に用いた超電導テープ線と、基部に用いた超電導テープ線の一部とを半田により接合した。

【0049】

ここで、ケーブルコア10同士は、ジョイント金具62を用いて接続している。このジョイント金具62のうち一つ(図2では上から2番目のケーブルコア10同士を接続するもの)において、超電導導体層20及びシールド層21に接触して接続する部分を超電導体で形成した。例えば、金属マトリクスを具えずBi2223系酸化物超電導相のみからなる超電導体を用い、臨界電流値は、基部の臨界電流値を I_c とすると、 $0.9 \times I_c$ となるようにした。

【0050】

本例において、これら限流部12は、中間接続箱3の中央部、即ち、中間接続箱3の両側(集合部側)からより離れた位置で、ケーブルコア10間の間隔が十分に広げられた状態にある個所に具える。

【0051】

上記限流部12を具える本発明超電導ケーブルにおいて、撚り合わされた各ケーブルコア10は、コア10同士を接続し易いように、各コア10間の間隔を徐々に広げられた状態に分岐され接続される。中間接続箱3には、これら分岐されたケーブルコア10同士の接続部分が収納される。従って、中間接続箱3の一面側(図2では右面側)及びこの面と対向する他面側(同左面側)には、3本のケーブルコア10が撚り合わされて集合された状態にあるケーブル1が挿入される。この中間接続箱3内には、上記終端接続箱2と同様に、液体窒素などの冷媒が満たされ、収納されたケーブルコア10を冷却する。そのため、中間接続箱3は、断熱層3aを具える断熱構造とした。また、本例において中間接続箱3は、円筒状とした。

【0052】

更に、本例では、短絡事故の際、限流部12が通電により発熱し、その周囲の冷媒が気化した際に中間接続箱3内の圧力を調整する調整弁4を箱3に具える。本例では、一つ具えているが、複数具えてもよい。

【0053】

上記構成を具える本発明超電導ケーブルは、短絡事故などで超電導層に大きな短絡電流が流れても、限流部が基部よりも先に臨界電流値を越えて大抵抗となって発熱し、その他の部分が損傷することを効果的に抑制することができる。従って、短絡事故による超電導ケーブルの損傷を低減することができる。また、本発明超電導ケーブルは、損傷させる個所が予め特定されているため、復旧作業性にも優れる。更に、本例に示す本発明超電導ケーブルを用いた超電導ケーブル線路では、各ケーブルコア間が十分に広げられた状態の個所に限流部を配置しているため、限流部が損傷した場合であっても、修復作業を容易に行うことができる。

【0054】

加えて、本例では、中間接続箱に箱内の圧力を調整する調整弁を設けているため、限流部の発熱に伴って、その周囲の冷媒が気化して箱内の圧力が上昇することを抑制することができる。従って、中間接続箱内の圧力の増加により、ケーブルコアが損傷することを防止することが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0055】

本発明超電導ケーブルは、短絡事故などの際に損傷を低減することができるため、超電

導ケーブル線路の利用に適する。また、本発明超電導ケーブル線路は、短絡事故の際の損傷箇所を特定し易く、復旧作業性に優れるケーブル線路である。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】本発明超電導ケーブルを具えるケーブル線路の終端部付近を示すものであり、終端接続箱内に限流部を具える例の概略構成図である。

【図2】本発明超電導ケーブルを具えるケーブル線路の中間接続部付近を示すものであり、中間接続箱内に限流部を具える例の概略構成図である。

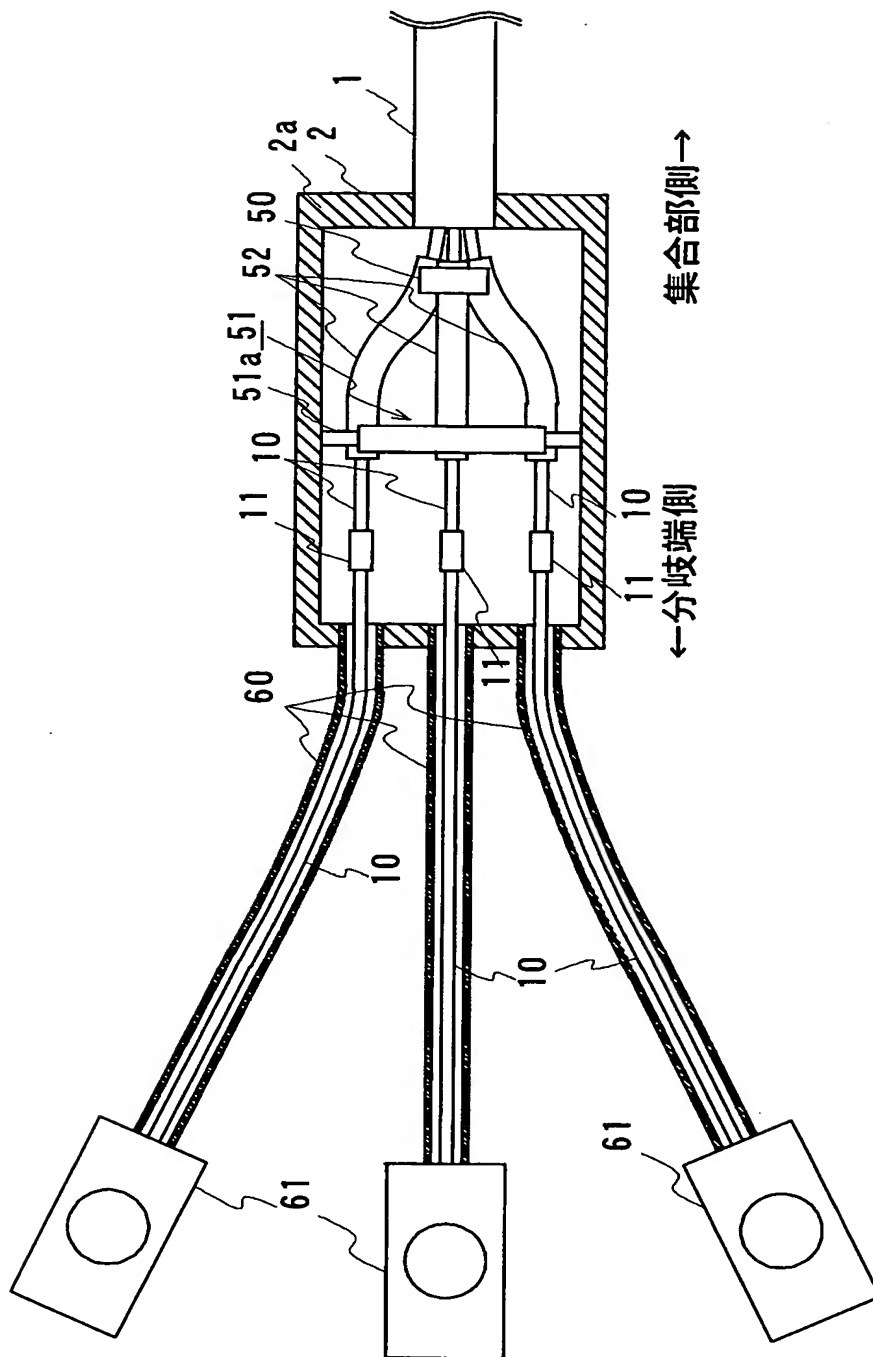
【図3】三心一括型の三相超電導ケーブルの断面図である。

【符号の説明】

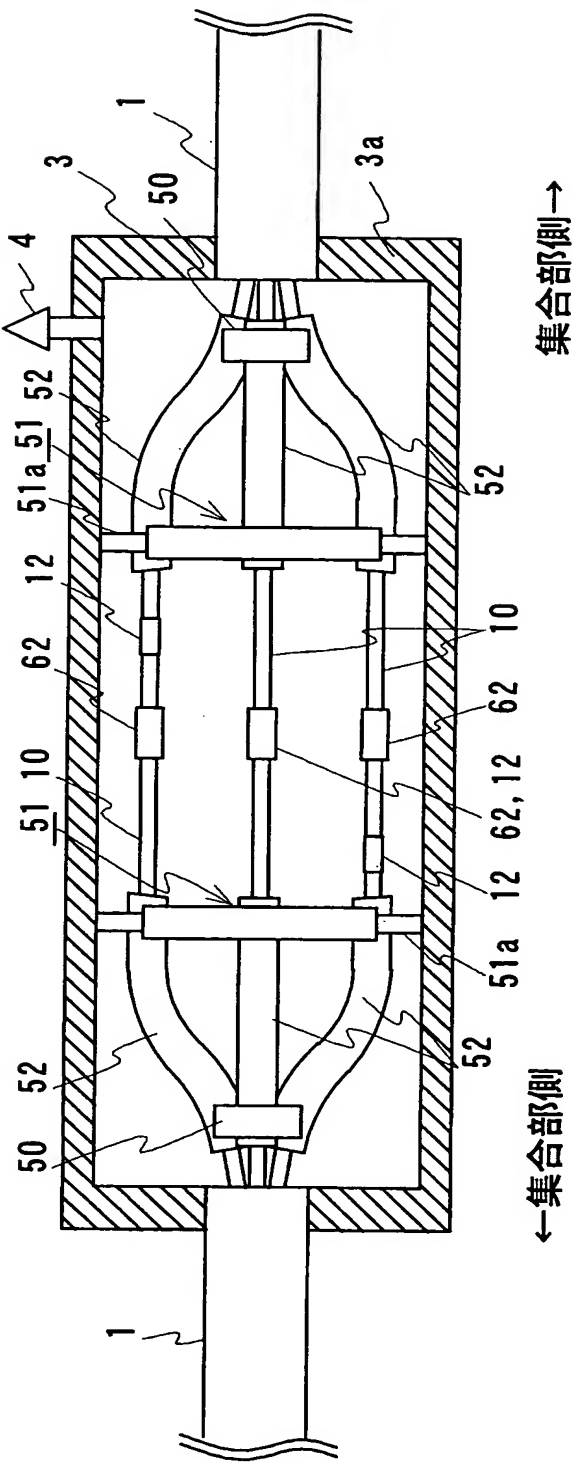
【0057】

- 1 超電導ケーブル 2 終端接続箱 2a、3a 断熱層 3 中間接続箱
- 4 調整弁
- 10 ケーブルコア 11、12 限流部
- 20 超電導導体層 21 シールド層
- 50 第一保持具 51 第二保持具 51a 摺動部 52 中間保持具
- 60 断熱管 61 端末部 62 ジョイント金具
- 100 三相超電導ケーブル 101 断熱管 101a 外管 101b 内管
- 102 ケーブルコア 103 空間 104 防食層
- 200 フォーマ 201 超電導導体層 202 電気絶縁層 203 シールド層
- 204 保護層

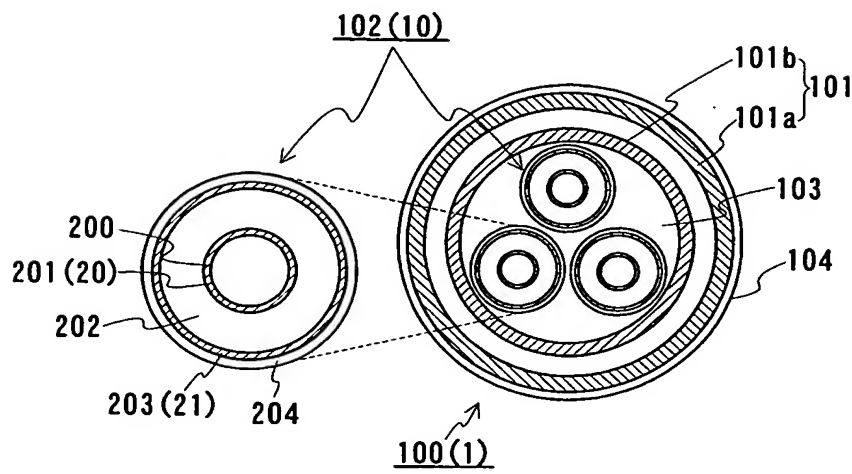
【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短絡事故の際に超電導ケーブルが多大に損傷することを防止することができる超電導ケーブルを提供する。

【解決手段】 超電導ケーブル1は、中心から順にフォーマ200、超電導導体層20、電気絶縁層202、シールド層21、保護層204を具えるケーブルコア10を3本撚り合わせて断熱管101内に収納された構成である。各ケーブルコア10の超電導層において、臨界電流値が他の全ての部分(基部)よりも小さい限流部11を設けている。本発明超電導ケーブルは、短絡事故などが生じて、超電導導体層に過大な電流が流れた場合、限流部の臨界電流値が基部よりも小さいことで、限流部が先に臨界電流値を越えて、大抵抗となり、限流部が主に発熱する。この発熱により限流部は、損傷を生じるが、その他の基部に損傷が生じることを低減、或いはほとんどなくすることができる。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 4 2 8 2 9 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名 住友電気工業株式会社